

University of Groningen

Theorie van de optiewaardering

Smid, P.P.M.; Koning, Ruud H.

Published in:
Maandblad voor Bedrijfsadministratie en -Organisatie

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:
1990

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):
Smid, P. P. M., & Koning, R. H. (1990). Theorie van de optiewaardering. *Maandblad voor Bedrijfsadministratie en -Organisatie*, 94(1125), 355-359.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

Theorie van de optiewaardering

Een hulp bij de (financiële) planning?

P.P.M. Smid en R. H. Koning

In dit artikel wordt aangegeven dat opties niet alleen instrumenten zijn in de financiële sfeer, maar dat ook in de reële sfeer opties een belangrijke rol kunnen spelen. In het eerste gedeelte bespreken we enige theoretische overwegingen betreffende de toepassing van optiewaardering in de reële sfeer, waarna dit in het tweede gedeelte wordt verduidelijkt aan de hand van twee voorbeelden.

Optietheorie en optiewaardering

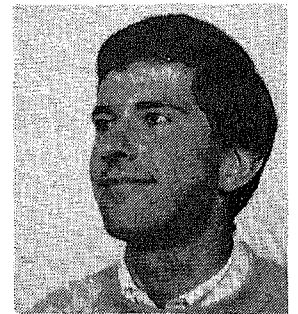
Opties staan in de belangstelling, en terecht. Indien er gesproken wordt over opties worden meestal ter beurze verhandelbare opties op eveneens ter beurze verhandelbare onderliggende waarden bedoeld. In dit artikel zal blijken dat er meer onder de zon is.

In het geval van opties kan er sprake zijn van "call's" dan wel "put's". Het bezit van een call-optie geeft het recht om gedurende een bepaalde periode een zekere hoeveelheid van een onderliggende waarde (bijvoorbeeld een aandeel, maar het kan ook bijvoorbeeld goud betreffen) te kopen tegen een vooraf vastgestelde prijs: de zogenaamde uitoefenprijs. Het bezit van een put-optie geeft het recht om gedurende een bepaalde periode een zekere hoeveelheid van een onderliggende waarde te verkopen tegen een vooraf vastgestelde prijs. Deze "rechten" (waarbij de "tegenpartij" echter een verplichting aangaat) worden verhandeld op een beurs (bijvoorbeeld de European Options Exchange in Amsterdam). In de praktijk zijn er twee vormen van opties: Amerikaanse opties die kunnen worden uitgeoefend gedurende de gehele looptijd, en Europese opties die slechts aan het einde van de looptijd kunnen worden uitgeoefend. De waarde van een optie hangt af van een aantal factoren, o.a.: de beweeglijkheid ("volatiliteit") en de huidige prijs van de onderliggende waarde, de looptijd, de uitoefenprijs en de (risico-vrije) interestvoet. De *theoretische* waarde van deze opties wordt veelal met relatief ingewikkelde modellen bepaald, waarvan wellicht het bekendste het Black-Scholes-model¹ (BSM) is.

Optietheorie en optiewaardering zijn echter toepasbaar op velerlei terreinen (men spreekt dan van de analyse van voorwaardelijke aanspraken, contingent claims analysis: CCA). Zo zijn er de afgelopen jaren veel nieuwe (zo niet exotische) financierings- en beleggingsinstrumenten ontwikkeld met optiekenmerken. Men denke bijvoorbeeld aan: diverse vormen van obligaties met bijbehorende warrants, al dan niet "callable", al dan niet converteerbaar;



P.P.M. Smid*



R.H. Koning*

* Beiden verbonden aan de Rijksuniversiteit Groningen, Faculteit der Economische Wetenschappen.

De auteurs danken prof. dr. J.L. Bouma voor zijn commentaar.

index-opties;

Investeringsprojecten kunnen echter ook opties bevatten; deze worden *reële* opties genoemd en zijn in tegenstelling tot de eerder vermelde beursopties, die betrekking hebben op financiële waarden en bovendien los verhandelbaar zijn, *inherent* aan die investeringsprojecten. Deze reële opties manifesteren zich als mogelijkheden die investeringsprojecten bieden indien zich een bepaalde toestand voordoet. Reële opties kunnen zowel betrekking hebben op operationele aspecten (flexibiliteit gedurende de uitvoering van het project: het management heeft gedurende de uitvoering van het project nog de mogelijkheid additionele beslissingen te nemen dan wel wijzigingen door te voeren), als op strategische aspecten (de initiëring van het project opent de mogelijkheid tot het doen van vervolginvesteringen).² De aanwezigheid van dergelijke opties zal tot een hogere waarde van het project leiden, indien men deze vergelijkt met de waarde die bepaald is met een "standaard" Netto-Contante-Waarde methode.

De volgende voorbeelden van reële opties ("mogelijkheden") dienen ter illustratie.

1. De mogelijkheid ("optie") een investeringsproject tussentijds af te stoten.
2. De mogelijkheid de produktie (die het gevolg is van de investeringsbeslissing) tijdelijk te staken.
3. De mogelijkheid tussentijds hetzij de input-, hetzij de outputmix (of beide) te veranderen.
4. De mogelijkheid het investeringstempo te vertragen, te versnellen, dan wel stop te zetten al naar gelang de vooruitzichten met betrekking tot de waarde van het volbrachte project (de "onderliggende waarde") op dat moment.
5. De mogelijkheid de beslissing om te investeren uit te stellen.
6. De mogelijkheid gedurende de looptijd de schaal van het project te vergroten dan wel te verkleinen.
7. De mogelijkheid tot het doen van vervolginvesteringen. Dit is het gebied van de strategische planning: groei-opties.

De eerste vijf voorbeelden betreffen opties die betrekking hebben op operationele aspecten, terwijl het in de laatste twee voorbeelden om strategische opties gaat.

In de afgelopen jaren is steeds meer gepubliceerd over

onderzoek naar operationele opties.³ Onderzoek naar strategische opties (bijvoorbeeld: groei-opties) staat nog in de kinderschoenen, terwijl daar juist de mogelijkheden liggen om de kloof tussen strategische planning (vaak kwalitatief) en financiële planning (vaak kwantitatief) te verkleinen. Het "gevoel" van een manager omtrent de "strategische" noodzaak van een bepaalde investering zou met behulp van optietechnieken "hard" gemaakt kunnen worden; de waarde van de eventueel mogelijke (en niet noodzakelijkerwijze uit te voeren) vervolginvesteringen is met behulp van deze technieken beter te bepalen dan met de meer traditionele disconteringsmethoden.⁴

Het optiedenken in de investeringsplanning is ontstaan uit onvrede met deze disconteringsmethode (Discounted Cash Flow: DCF) ter evaluatie van investeringsprojecten. DCF-methoden zouden niet genoeg rekening houden met de strategische aspecten die vaak inherent zijn aan investeringsprojecten.⁵ Verder zouden DCF-methoden niet genoeg rekening houden met mogelijke operationele flexibiliteit. Dat DCF-analyse niet altijd geschikt is voor de evaluatie van een project dat optie-elementen bevat wordt veroorzaakt door het feit dat de verdeling van alle mogelijke resultaten van een dergelijk project een zeer speciaal beeld vertoont: deze verdeling is asymmetrisch en afgekapt. Bij toepassing van de DCF-methode echter, wordt impliciet verondersteld dat de verdeling van de mogelijke uitkomsten op een bepaalde manier symmetrisch is (de uitkomsten moeten normaal verdeeld zijn), dan wel dat de doelstellingsfunctie van de beslisser een bepaalde vorm heeft.⁶ Aan de eerste veronderstelling is niet voldaan indien het project optie-elementen bevat en de laatste veronderstelling is erg restrictief. Deze problemen zijn in principe te omzeilen met beslissingsboomanalyse (Decision-Tree-Analysis: DTA). Dan ontstaat echter de extra complicatie dat voor elke "tak van de boom" een aparte disconteringsvoet gebruikt moet worden (elke tak heeft een eigen risico). En dat betekent dat een analyse van een met behulp van DTA gekarakteriseerd project complex wordt. Beide problemen zijn in theorie niet aanwezig indien CCA ('optietheorie') toegepast wordt, immers:

1. De verdeling van de waarde van een optie op uitoefendatum is asymmetrisch en afgekapt.
2. Om CCA te kunnen toepassen is theoretisch slechts één disconteringsvoet nodig: de risicovrije. Dit volgt uit de vooronderstellingen die ten grondslag liggen aan de optietheorie. De belegger/investeerder is in staat een zgn. "perfect hedge" tussen de optie en de onderliggende waarde te creëren en in stand te houden door continue "portefeuille-aanpassing". Dit houdt in dat uit een dergelijke "portefeuille" alle onzekerheid geëlimineerd is en dus de risicovrije disconteringsvoet de relevante voet is, ter evaluatie van die portefeuille. De risicohouding van de belegger/investeerder blijkt daarbij niet relevant te zijn.⁷

Dit laatste punt 2 is tegelijkertijd ook een van de essentiële problemen die men tegen komt bij de toepassing van CCA. Investeringsprojecten (en haar inherente opties) zijn vaak niet goed verhandelbaar (in tegenstelling tot de eerder aan-

gehaalde beursopties) en uit dien hoofde is (continue) portefeuille-aanpassing (een noodzakelijke voorwaarde voor een op risico-neutraliteit gebaseerde waardering) niet goed mogelijk.

Om de NCW-methode toe te kunnen passen is het nodig dat er een instrument op de financiële markt aanwezig is dat een gelijk (systematisch, relevant) risico heeft als het te beoordelen project. Het vereiste rendement (de "disconteringsvoet") op dat project dient dan gelijk te zijn aan het vereiste rendement op het financiële instrument.

Om optiewaardering bij de investeringsplanning toe te kunnen passen is het nodig dat er op de financiële markt een proxy voor de onderliggende waarde is én in- en uitlenen tegen de risicovrije tijdvoorkeursvoet mogelijk is. Er mag slechts een "schaalverschil" zijn tussen de proxy en de onderliggende waarde: de proxy en de onderliggende waarde moeten in een constante verhouding tot elkaar staan, en deze verhouding mag niet worden beïnvloed door de initiëring van het project. Anders gezegd: de markt dient niet completer te worden door de eventuele uitvoering van het project (alle kasstromen die het gevolg daarvan zijn, zijn al verhandelbaar op de financiële markt).⁸ Ook de inherente opties kunnen dan gerepliceerd worden en op deze manier worden risico-vrije arbitragemogelijkheden (kansen om nú "winsten" te behalen zonder dat daar in het verleden een inspanning tegenover heeft gestaan, of in de toekomst eventueel verplichtingen uit voortvloeien) uitgesloten (zie bijvoorbeeld: Trigeorgis en Mason (1987, blz. 15) en Kemna (1988, blz. 53)). De waarde van het totale project (*inclusief* opties) zal niet kunnen afwijken van de waarde van de (synthetische, equivalente) beleggingsmogelijkheid op de financiële markt.

In het geval van opties die spelen bij strategische beslissingen is het de vraag of aan de eis van voldoende compleetheid wordt voldaan. In dergelijke gevallen gaat het vaak om "nieuwe" projecten, zodat niet alle kasstromen die het gevolg kunnen zijn van initiëring van het project, reeds verhandelbaar zijn op de financiële markt. De volgende kanttekening dient bij het voorgaande te worden gemaakt. Ook de karakterisering en waardering van investeringsprojecten met behulp van CCA gaat uit van de neo-klassieke benadering; ook hier gaat het uiteindelijk om de maximalisatie van de marktwaarde van het eigen vermogen.⁹

Activiteiten die zich lenen voor een optiebenadering

Uit het voorgaande is gebleken dat er situaties met betrekking tot de financiële planning zijn waar DCF-methoden tekort schieten. In het navolgende zullen twee voorbeelden van activiteiten gegeven worden waar een CCA-benadering hulp zou kunnen bieden bij de bepaling van de waarde van die activiteiten. Het is noodzakelijk om de optiekarakteristieken van dergelijke activiteiten te bepalen teneinde de probleemstelling en de oplossing scherper te kunnen formuleren. In tabel 1 staan de variabelen die daartoe gespecificeerd dienen te worden. Indien het mogelijk is deze variabelen op een realistische wijze in te vullen, is ook een betere schatting te maken van de waarde van de activiteit dan met

de traditionele methode het geval is.

1. De onderliggende waarde
2. De uitoefenprijs
3. De onzekerheid ("volatility") van de onderliggende waarde
4. De disconteringsvoet
5. De looptijd van de (reële) optie of, in termen van het voorgaande: de mogelijkheid

Tabel 1: Variabelen die gespecificeerd dienen te worden ten behoeve van optiewaardering

Onderzoek en Ontwikkeling (R&D)

Als een bedrijf besluit financiële middelen te spenderen aan R&D koopt het de mogelijkheid om in de toekomst een nieuw productieproces te starten. In de praktijk blijkt het moeilijk te zijn om de waarde van die mogelijkheid te bepalen ("wat mag het kosten?"). Een optiebenadering kan hulp bieden bij die waardebeoordeling. Met betrekking tot de in tabel 1 genoemde punten geldt dan het volgende:

- ad 1. De waarde van het nieuwe productieproces (BCW).
- ad 2. Het noodzakelijke investeringsbedrag.
- ad 3. De beweeglijkheid van de waarde (zie ad 1).
- ad 4. De risicovrije interestvoet.
- ad 5. Hangt af van het specifieke project.

Een voorbeeld

Stel een onderneming heeft nu ("op $t=0$ ") de mogelijkheid een research en development (R&D) project te starten met als doel het over 5 jaar ("op $t=5$ ") realiseren van een goedkopere produktiewijze van compact discs (d.m.v. het installeren van een nieuwe geavanceerde produktielijn). De eventueel te realiseren kostenreductie, en dus winststijging is nog onzeker. Anders gezegd: de bruto contante waarde (BCW) van het vervolgproject is nog onzeker. De vraag is nu: wat is de totale waarde van het R&D- en vervolgproject? Voor de waardering is het van essentieel belang te signaleren dat de onderneming niet noodzakelijkerwijze op $t=5$ de nieuwe produktielijn hoeft te installeren, ze heeft de mogelijkheid dat te doen. Dat betekent dat de netto contante waarde (NCW) van het vervolgproject (op $t=5$, gezien vanuit $t=0$) in de meeste gevallen niet door een normale verdeling benaderd kan worden: het wordt een afgekapte verdeling. Als namelijk over 5 jaar blijkt dat de NCW¹⁰ negatief is, zal de onderneming besluiten het project niet uit te voeren, en wordt alsdan de NCW nihil. Naar beneden toe is het verlies dus beperkt (de uitgaven aan R&D) en naar boven toe is de winst in principe onbegrensd.

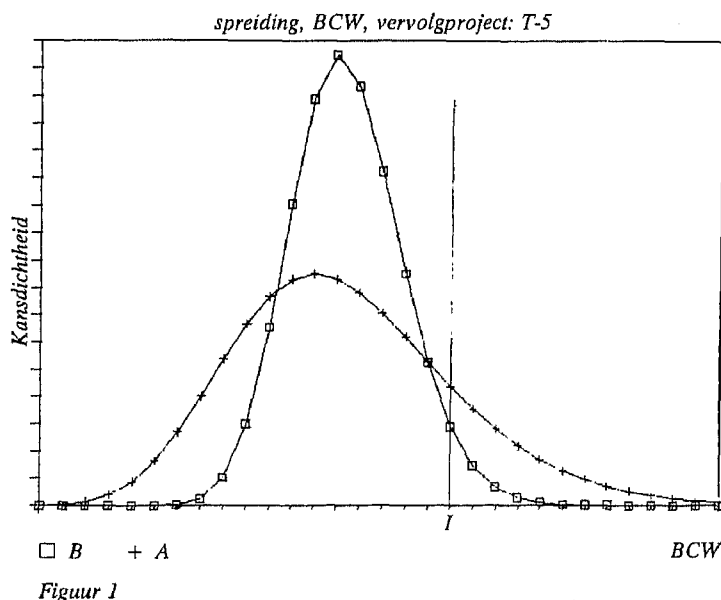
Het R&D-project kan beschouwd worden als een (Europese) optie op het vervolgproject (de onderliggende waarde). De looptijd is 5 jaar en de volatiliteit is de standaarddeviatie van het logaritmische jaarlijkse rendement (geïmpliceerd door de verdeling van de BCW op uitoefendatum, $t=5$) van het vervolgproject. De relevante disconteringsvoet is de risicovrije en de uitoefenprijs is het investeringsbedrag, I . In de neo-klassieke financieringstheorie wordt onzekerheid (hier bedoeld als: spreiding van mogelijke resultaten rond de verwachte waarde van het resultaat) bijna altijd negatief gewaardeerd. Er wordt uitgegaan van "risico-afkeer" (over-

rigens op zichzelf al een vrij stringente vooronderstelling), en dat betekent dat in waarderingsmodellen meer onzekerheid altijd gepaard dient te gaan met een hogere verwachte waarde van het resultaat om op een constant "nutsniveau" te blijven (in deze neo-klassieke conceptie streeft de rationeel geachte beslisser naar de maximalisatie van het verwachte nut; zie onder meer Bouma (1982), hoofdstuk 4, paragraaf 5 voor een nadere uitwerking). Vandaar dat in disconteringsmodellen projecten met "een hoger risico" minder hoog gewaardeerd worden dan overigens gelijke projecten met "een lager risico" (risico-opslag op de tijd-voorkeursvoet).

Indien men uitgaat van risico-afkeer hoeft meer onzekerheid met betrekking tot de mogelijke resultaten van het eventueel te starten project echter niet altijd negatief te zijn. Indien men in staat is een ondergrens in de eventuele negatieve resultaten aan te brengen kan meer onzekerheid een (voldoende compenserend) positief effect op de verwachte opbrengst hebben.

Dat betekent dat de onderneming een grotere spreiding in de BCW van het vervolgproject (als waargenomen op $t=0$) prefereert boven een kleinere spreiding (ceteris paribus). Dientengevolge kan de totale waarde van het R&D- en vervolgproject groter zijn indien de spreiding van de BCW van het vervolgproject groter is (ceteris paribus); een standaard DCF-benadering van het probleem zou tot een tegengestelde conclusie hebben geleid.

In figuur 1 wordt getracht dit visueel aannemelijk te maken.



Figuur 1

In figuur 1 zijn A en B de kansverdelingen op $t=5$ van de BCW's van twee vervolgprojecten; A heeft een grotere spreiding, maar voor het overige zijn de projecten identiek. Het verlies is gelimiteerd $\{(BCW-I) \geq 0\}$ en dus is vooral belangrijk dat de mogelijke winst erg groot is. Een project dat gekarakteriseerd wordt door verdeling A is te prefereren boven een project dat gekarakteriseerd wordt door verdeling B (in standaard-optieprijsstheorie is dit wiskundig

te bewijzen).¹¹ Dit geldt onafhankelijk van de risicohouding van de beslisser.

Organisatie-advies

Organisatie-adviesbureaus bepalen de prijs van hun advies meestal op basis van een gangbaar uurtarief. Dat wil nog niet zeggen dat de waarde van een dergelijk advies voor de adviesvrager gelijk is aan die prijs. Met behulp van de inzichten uit de optietheorie is de waarde voor de onderneming van een dergelijk advies beter te bepalen dan via het gangbare uurtarief. Indien een onderneming organisatie-advies vraagt en daarvoor een bepaalde vergoeding geeft koopt ze een optie op bijvoorbeeld een "verbeterde bedrijfsvoering". De onderneming hoeft het advies niet op te volgen, maar ze heeft de mogelijkheid dat te doen indien de omstandigheden daartoe aanleiding geven. Dit zou als volgt in de optietermen uit tabel 1 "vertaald" kunnen worden.

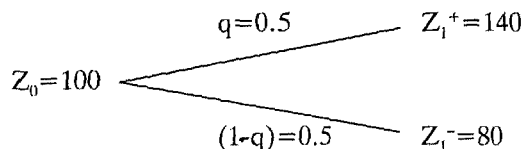
- ad 1. Marktw waarde van de onderneming met doorgevoerde "verbeteringen" minus de marktw waarde van de onderneming indien het advies niet wordt opgevolgd.
- ad 2. Het noodzakelijke investeringsbedrag, om de verbeteringen te kunnen doorvoeren.
- ad 3. De "beweeglijkheid" van het verschil, genoemd in ad 1.
- ad 4. De risicovrije interestvoet.
- ad 5. Hangt af van de aard van het "project".

Een voorbeeld

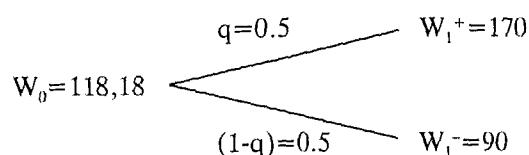
Stel dat de marktw waarde van de detailhandelsonderneming Z op dit moment 100 bedraagt.¹² De organisatiestructuur van Z is sterk verouderd en dat wordt mede als oorzaak gezien voor de magere resultaten van de afgelopen jaren (modernere ondernemingen uit dezelfde sector hebben de afgelopen jaren veel betere resultaten behaald). Teneinde te waarborgen dat de resultaten in de toekomst een beter beeld zullen vertonen overweegt het management van Z een organisatie-adviesbureau in de arm te nemen die moet onderzoeken of de organisatiestructuur te verbeteren is.

Een voorstudie (onderzoek bij vergelijkbare bedrijven, gebruik maken van expertopinion etc.) heeft geleid tot de onderstaande verwachtingspatronen met betrekking tot het verloop van de marktw waarde van de onderneming zonder verbeterde organisatiestructuur (Z) en het verloop daarvan met verbeterde organisatiestructuur (Z'). We gaan er van uit dat de situatie over 1 jaar gekarakteriseerd kan worden door twee toestanden: een voor de onderneming gunstige toestand ("+"), die optreedt met een kans $q=0.5$, en een slechte toestand ("-"), die optreedt met een kans $(1-q)=0.5$. Verder heeft vooronderzoek uitgewezen dat de kosten die over een jaar gemaakt moeten worden om de verbeteringen door te voeren 25 bedragen. De risicovrije interestvoet bedraagt 5%, terwijl de vermogenskostenvoet van ondernemingen in de onderhavige branche 10% bedraagt.

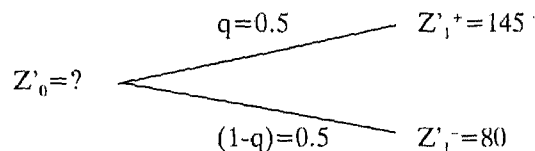
Indien Z geen verbeteringen doorvoert zal de marktw waarde van Z over een jaar de volgende twee waarden kunnen aannemen.



Met betrekking tot de waarde van een vergelijkbare onderneming, W met een moderne organisatiestructuur geldt het volgende (de vermogenskostenvoet van 10%, in combinatie met de kansen op een opwaartse dan wel neerwaartse beweging en de daarbij behorende "eindwaarden" W_1 van W, bepalen de huidige waarde $W_0 = 118,18$):



Indien Z de verbeteringen zou willen doorvoeren, zodanig dat ze een gelijkwaardige onderneming wordt aan W zal Z over een jaar 25 dienen te investeren. Z zal de verbeteringen slechts doorvoeren indien de positieve situatie aan de orde is. Dat betekent voor het waardeverloop Z' (Z, inclusief doorgevoerde verbeteringen) het volgende:



Via arbitrageredeneringen, ontleend aan Cox, Ross en Rubinstein (1979), is de waarde van het advies nu te berekenen. Uitgaande van het feit dat het op de vermogensmarkt mogelijk is n aandelen van het "type" Z te kopen (daartoe dient de markt dus voldoende compleet te zijn: zie het voorgaande), gedeeltelijk gefinancierd met geleend geld (B), zodanig dat de "resultaten" van Z' precies gecopieerd worden (er wordt hierbij verondersteld dat er risicovrij kan worden in- en uitgeleend tegen een kostenvoet $r_f = 5\%$), dient het volgende te gelden:

$$n \cdot Z'_{1+} - 1,05 \cdot B = 145 \rightarrow n \cdot 140 - 1,05 \cdot B = 145$$

$$n \cdot Z'_{1-} - 1,05 \cdot B = 80 \rightarrow n \cdot 80 - 1,05 \cdot B = 80$$

Hieruit volgt:

$$n = 1,08333$$

$$B = 6,34921$$

En dus zal $Z'_0 = n \cdot Z_0 - B = 101,984$ dienen te zijn. De waarde van het advies bedraagt dan $101,984 - 100 = 1,984$. Indien Z'_0 van deze waarde af zou wijken zouden er namelijk risicovrije arbitragemogelijkheden zijn. De kansen op een opwaartse dan wel neerwaartse beweging van de marktw waarde van Z hoeven in principe niet bekend te zijn om de waarde van het advies te kunnen berekenen. De huidige waarde van Z is wel van essentieel belang (daar zitten overigens impliciet de kansen in verwerkt).

Het is mogelijk dit model uit te breiden. De relevante periode kan "in stukjes worden gehakt" waarbij in elke subperiode een opwaartse dan wel neerwaartse beweging kan plaats vinden die op dezelfde manier beoordeeld kan worden als bovenstaand. Er ontstaat dan een beslissingsboom die „van achter naar voren" (recursief) geanalyseerd kan worden, waarbij op elk knooppunt een beslissing genomen dient te worden. Indien het (stochastisch) proces op een dergelijke wijze is gespecificeerd kan er ook expliciet rekening worden gehouden met mogelijke tussentijdse beslissingen.

Besluit

In dit artikel hebben we beargumenteerd en met twee voorbeelden getracht te verduidelijken dat het denken in termen van opties niet beperkt hoeft te worden tot opties op financiële instrumenten, zoals opties op aandelen of obligaties. Projecten in de reële sfeer brengen ook mogelijkheden met zich mee, die moeilijk kunnen worden gewaardeerd met behulp van standaard DCF-technieken. Om deze mogelijkheden alsnog te waarderen kan men gebruik maken van concepten en waarderings technieken, zoals deze in de "standaard" optietheorie zijn ontwikkeld. In het bovenstaande is echter ook aangegeven dat kwantificering van de mogelijkheden die projecten in de reële sfeer bieden, nogal wat voeten in de aarde heeft. Het is dan ook niet zo dat wij er voor pleiten om reële projecten in termen van opties te formuleren en op deze wijze de waarde van het project te kwantificeren. Eerder zien wij optiewaardering in de reële sfeer als zijnde complementair ten opzichte van DCF-waardering. Verder onderzoek op dit gebied zal zich met name moeten toespitsen op de specificatie van het proces dat de onderliggende waarde volgt, alsmede het gesignaleerde probleem van de onverhandelbaarheid. Hoewel de geschetste problemen zowel in theoretisch als in praktisch opzicht bepaald niet triviaal zijn, kan men de eerste toepassingen van optietheorie in de reële sfeer¹³ als een goede stimulans beschouwen voor verder onderzoek.

Literatuur

- Black, F. en M. Scholes (1973) "The Pricing of Options and Corporate Liabilities" *Journal of Political Economy*, 81, pp. 637-654.
- Bouma, J. L. (1982) *Leerboek der Bedrijfsconomie Deel 1* Wassenaar: Delwel.
- Cox, J.C., S.A. Ross en M. Rubinstein (1979) "Option Pricing: A Simplified Approach" *Journal of Financial Economics*, 3, pp. 229-263.
- Galai, D. en R. Masulis (1976) "The Option Pricing Model and the Risk Factor of Stock" *Journal of Financial Economics*, 3, pp. 53-82.
- Hayes, R.H. en W.J. Abernathy (1980) "Managing Our Way to Economic Decline" *Harvard Business Review*, 55, pp. 67-77.
- Jarrow, R.A. en A.R. Rudd (1983) *Option Pricing* Homewood: Irwin Inc.
- Kemna, A.G.Z. (1988) *Options in Real and Financial Markets* Rotterdam: Erasmus University Press.
- Kester, W.C. (1984) "Today's Options for Tomorrow's Growth" *Harvard Business Review*, 59, pp. 153-160.
- Majd, S. en R.S. Pindyck (1987) "Time to Build, Option Value and Investment Decisions" *Journal of Financial Economics*, 18, pp. 7-27.
- Margrabe, W. (1978) "The Value of an Option to Exchange one Asset for Another" *Journal of Finance*, 33, pp. 177-186.
- McDonald, R.L. en D.R. Siegel (1985) "Investment and the Valuation of Firms When There is an Option to Shut Down" *International Economic Review*, 26, pp. 331-349.
- McDonald, R.L. en D.R. Siegel (1986) "The Value of Waiting to Invest" *Quarterly Journal of Economics*, 51, pp. 707-727.
- Merton, R.C. (1973) "Theory of Rational Option Pricing" *Bell Journal of Economics and Management Science*, 4, pp. 141-181.
- Myers, S.C. (1984) "Finance Theory and Financial Strategy" *Interfaces*, 14, pp. 126-137.
- Tempelaar, F.M. (1987) *Vermogensmarkt en ondernemingsdoel in de financieringstheorie* Groningen: Dissertatie.
- Tobin, J. (1958) "Liquidity preference as behavior toward risk" *Review of Economic Studies*, 25 pp. 65-85.
- Trigeorgis, L.C. (1986) *Valuing Real Investment Opportunities: An Options Approach to Strategic Capital Budgeting*, Harvard University: Unpublished Doctoral Dissertation.
- Trigeorgis, L.G. en S.P. Mason (1987) "Valuing Managerial Flexibility" *Midland Corporate Finance Journal*, 5, pp. 14-21.
- Vorst, T. (1990) "Option Pricing and Stochastic Processes", hoofdstuk 11 in F. v.d. Ploeg (red.) *Advanced Lectures in Quantitative Economics*, Londen: Academic Press.

Noten

- ¹ Zie Black en Scholes (1973) en Merton (1973).
- ² De *Midland Corporate Finance Journal*, voorjaar 1987 is volledig gewijd aan het "probleemgebied" van de reële opties. Trigeorgis (1986) heeft getracht een raamwerk te bouwen waarin allerlei optie-elementen en hun onderlinge afhankelijkheden, die inherent kunnen zijn aan een investeringsproject, geplaatst kunnen worden ter bepaling van de waarde van een dergelijk project. In Nederland heeft Kemna onderzoek gedaan naar de waardebepaling van investeringsprojecten die veel optiekenmerken bezitten. De resultaten van dat onderzoek heeft zij ook reeds met succes in de praktijk toegepast (Kemna, 1988, hoofdstuk 7).
- ³ Zie bijvoorbeeld Majd en Pindyck (1985), Margrabe (1978) McDonald en Siegel (1984 en 1986) en Kemna (1988).
- ⁴ Zie bijvoorbeeld Myers (1984, blz. 136) voor een nadere toelichting.
- ⁵ Zie bijvoorbeeld Hayes en Abernathy (1980), Kester (1984).
- ⁶ De nutsfunctie moet kwadratisch zijn. Zie Tobin (1958).
- ⁷ Het voert in het kader van dit artikel te ver om hier nauwkeuriger op in te gaan. De geïnteresseerde lezer zij bijvoorbeeld verwezen naar Jarrow en Rudd (1983), Vorst (1990).
- ⁸ Zie voor een nadere omschrijving en uitwerking van het begrip completeheid: Tempelaar (1987).
- ⁹ In Tempelaar (1987) wordt uitvoerig ingegaan op deze doelstelling en haar relevantie.
- ¹⁰ De NCW is hier gedefinieerd als BCW-I. Over 5 jaar is dit *per definitie* geen stochastische waarde meer (er vanuit gaande dat de BCW berekend is met behulp van een voor risico gecorrigeerde disconteringsvoet, zodat de BCW het karakter van een zekerheidsequivalent heeft).
- ¹¹ Zie Galai en Masulis (1975).
- ¹² In dit voorbeeld luiden alle bedragen in miljoenen guldens. Verder wordt er vanuit gegaan dat de aandelen van de in het voorbeeld aangehaalde ondernemingen genoteerd staan aan de effectenbeurs en dat de ondernemingen volledig met eigen vermogen gefinancierd zijn.
- ¹³ Zie onder meer Kemna (1988).